

Process for producing precision hollow articles made of composite material**Patent number:** FR2760398**Publication date:** 1998-09-11**Inventor:** CASTANTE JEAN LOUIS ROBERT MAR; CELERIER
ERIC; GONCALVES ALAIN FRANCOIS**Applicant:** SNECMA (FR)**Classification:****- international:** B29C70/34; B29C70/44; B29L22/00**- european:** B29C33/44C; B29C33/50B; B29C43/32; B29C70/44B**Application number:** FR19970002663 19970306**Priority number(s):** FR19970002663 19970306**Also published as:**

EP0865892 (A1)

US6290889 (B1)

JP10291258 (A)

EP0865892 (B1)

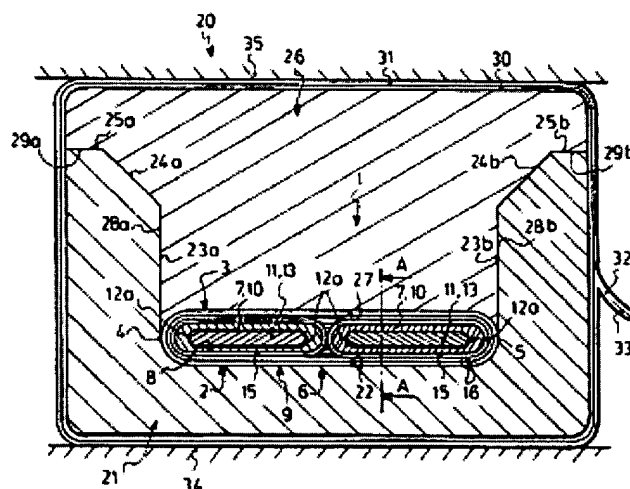
CA2232097 (C)

Report a data error here

Abstract not available for FR2760398

Abstract of corresponding document: **US6290889**

A process for producing a hollow article made of a composite material of reinforcing fibers embedded in a matrix of hot-polymerized resin includes a step in which at least one core made of a silicone elastomer is draped with at least one layer of resin-impregnated reinforcing fibers. A resultant assembly is moulded to shape the internal and external surfaces of the hollow article by simultaneous inward and outward compression of at least one resin-impregnated fiber layer caused by movement of mould walls towards each other and by thermal expansion of at least one core.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide**BEST AVAILABLE COPY**

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①⑪ N° de publication : **2 760 398**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **97 02663**

⑤① Int Cl⁶ : B 29 C 70/34, B 29 C 70/44 // B 29 L 22:00

①② **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②② Date de dépôt : 06.03.97.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 11.09.98 Bulletin 98/37.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET
DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION
SNECMA SOCIETE ANONYME — FR.

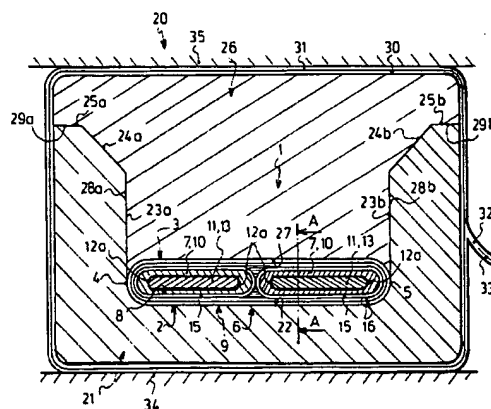
⑦② Inventeur(s) : CASTANTE JEAN LOUIS ROBERT
MARCEL, CELERIER ERIC et GONCALVES ALAIN
FRANCOIS.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET
DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION
SNECMA.

⑤④ **PROCEDE DE REALISATION DE PIECES CREUSES DE PRECISION EN MATERIAU COMPOSITE.**

⑤⑦ L'invention propose un procédé de réalisation de pièces creuses (1) en matériau composite comportant des fibres de 5 renfort noyées dans une matrice de résine organique polymérisée à chaud. Un tel procédé est remarquable en ce qu'on drappe au moins une couche de fibres de renfort préimprégnées de résine (15, 16) autour de noyaux (10) en élastomère-silicone, et en ce que l'ensemble est ensuite moulé avec simultanément une compression centrifuge et une compression centripète obtenues conjointement par la dilatation thermique des noyaux (10) et par le rapprochement des parois (22, 27) du moule (20).



FR 2 760 398 - A1



PROCEDE DE REALISATION DE PIECES CREUSES DE PRECISION EN
MATERIAU COMPOSITE

L'invention se rapporte aux procédés de réalisation de pièces
5 creuses en matériau composite stratifié comportant des fibres
de renfort noyées dans une matrice de résine organique
polymérisée, et plus particulièrement aux procédés adaptés à
la réalisation de pièces aux caractéristiques élevées en
résistance, précision et tenue en température.

10

Les matériaux composites stratifiés comportant des fibres de
renfort noyées dans une matrice de résine polymérisée sont
appréciés notamment dans l'aéronautique pour leur excellent
rapport résistance/masse et tendent lorsque cela est possible
15 à remplacer les alliages métalliques, notamment dans le cas
de pièces composées de parois minces obtenues
traditionnellement par fonderie ou chaudronnerie.

On cherche à réaliser ainsi des pièces de turbomachine et
20 notamment de turbomoteur pour aéronef, par exemple des bras
de carter de compresseur basse pression ou des aubes creuses
de compresseur basse pression qui sont composées de parois
minces formant et entourant des cavités débouchantes, c'est à
dire non complètement fermées. Ces pièces doivent être
25 monobloc, afin d'éviter les zones d'assemblage génératrices
de faiblesses. Ces pièces doivent aussi être précises avec un
bon état de surface pour éviter les reprises d'usinage. Ces
pièces doivent résister aux températures élevées et doivent
avoir un prix de revient comparable ou inférieur aux pièces
30 métalliques équivalentes.

On connaît le procédé "resin transfert molding" ou RTM
consistant à disposer des fibres de renfort dans un moule à
la forme de la pièce finie, à injecter de la résine très
35 liquide sous pression dans le moule et à polymériser la
résine maintenue sous pression. Ce procédé permet d'obtenir
des pièces précises et résistantes avec des formes très
variées. Cependant, les résines employées n'ont pas une bonne

résistance en température, ce qui limite l'utilisation du procédé aux pièces devant rester froides.

Les résines résistants aux températures plus élevées ne
5 présentent pas une fluidité suffisante avant polymérisation.
De de fait, il faut pour réaliser des pièces creuses
stratifiées avec ces résines :

- préimprégner des nappes de tissus ou de fibres avec la résine,
- 10 - constituer un noyau éventuellement susceptible d'être détruit,
 - entourer le noyau par une vessie gonflable en élastomère,
 - draper, c'est à dire disposer autour de l'ensemble noyau + vessie les nappes de tissus ou de fibres préimprégnées,
- 15 constituant ainsi la matière composite,
 - mettre l'ensemble noyau + vessie + matière composite dans un moule à la forme extérieure de la pièce finie,
 - gonfler la vessie,
 - polymériser la résine,
- 20 - dégonfler la vessie et démouler,
 - retirer ou détruire le noyau,
 - retirer la vessie.

Dans ce procédé, le gonflage de la vessie permet
25 simultanément de :

- plaquer la matière composite contre la paroi du moule,
- comprimer et faire fluer la matière composite pour réduire les porosités provenant des bulles d'air emprisonnées entre les nappes de fibres ainsi que des émissions gazeuses de la
- 30 résine pendant la polymérisation, chasser la résine en excès et augmenter ainsi la densité de fibre. Une compression de 20% de l'épaisseur de la paroi est habituellement effectuée.

On comprend qu'avec un tel procédé, seule la surface de la
35 pièce au contact de la paroi du moule est précise et lisse.
La surface au contact de la vessie est au contraire irrégulière et rugueuse et suit les hétérogénéités inévitables du drapage des fibres de renfort. Réciproquement, on pourrait imaginer de comprimer la matière composite sur le

noyau, mais cette solution provoquerait un plissement inacceptable des fibres de renfort, ce plissement réduisant la résistance de la pièce.

- 5 Un premier problème est en conséquence d'obtenir, à partir de fibres ou de tissus préimprégnés, des pièces creuses de forme variables dont les surfaces intérieures et extérieures sont précises et lisses, sans plissement des fibres de renfort.
- 10 Lorsque les cavités débouchent sur l'extérieur par des ouvertures trop petites, ce qui est souvent le cas, les noyaux ne peuvent être éliminés que par la destruction de la matière qui les compose. On commercialise pour se faire des matériaux moulables à la forme désirée qui peuvent ensuite
15 être dissous à l'eau ou avec un solvant après que la pièce ait été moulée. De tels noyaux ne conviennent cependant pas dans le cas présent, car l'obtention de surfaces intérieures précises exigerait la compression centripète de la matière composite sur le noyau avec les inconvénients précédemment
20 décrits. Un second problème est en conséquence d'éliminer les noyaux après le moulage de la pièce.

Un frein à l'utilisation de tels matériaux composites est le coût de production élevé des pièces par rapport à des pièces
25 équivalentes en alliages métalliques. Ce coût élevé provient notamment des nombreuses manipulations requises pour la fabrication. Il convient en conséquence de ne pas augmenter la complexité du procédé de fabrication.

- 30 L'invention propose un procédé de fabrication de pièces creuses en matériau composite stratifié réalisées à partir de fibres de renfort préimprégnées de résine organique polymérisable à chaud, lesdites pièces creuses comportant au moins une cavité, ledit procédé comportant les opérations
35 essentielles suivantes:
- a) réalisation de noyaux à la forme des cavités de la pièce,
 - b) drapage de la fibre préimprégnée autour des noyaux,
 - c) disposition de l'ensemble noyaux + fibre préimprégnée dans un moule,

d) polymérisation à chaud, démoulage et retrait des noyaux.

Un tel procédé est remarquable en ce que :

a) La compression de la matière composite s'effectue par le rapprochement des parois du moule vers les noyaux, afin de former simultanément les surfaces internes et externes de la pièce et de provoquer le fluage d'une quantité suffisante de résine pendant la polymérisation

b) Les noyaux sont thermiquement expansibles en élastomère silicone afin de tendre les fibres de renfort pendant la polymérisation et d'éviter leur plissement.

Cette solution est rendue possible par le coefficient de dilatation thermique très élevé de l'élastomère silicone. Les élastomères de la famille silicone sont habituellement utilisés comme garnitures d'étanchéité pour des températures pouvant monter selon le cas et la durée de vie de la garniture à des températures de l'ordre de 250°C. Le procédé faisant l'objet de la présente invention exploite une caractéristique particulière de ces matériaux, à savoir un très fort coefficient de dilatation thermique voisin de $400.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

Les noyaux de l'invention constituant des corps solides, au contraire des ensembles constitués par un noyau et une vessie gonflable de l'art antérieur, ce qui leur permet d'imprimer leur forme et leur état de surface à la matière composite en cours de polymérisation.

La dilatation thermique des noyaux en élastomère silicone a aussi pour effet secondaire de repousser la matière composite contre les parois du moule, ce qui provoque une compression centrifuge limitée de ladite matière composite. Ceci permet de réduire la compression centripète effectuée par le rapprochement des parois du moule, et donc de réduire les déformations infligées à la fibre pendant le moulage.

35

Si on appelle T_1 la température de transition de la résine de l'état pâteux à l'état solide, l'homme du métier donnera au noyau à cette température T_1 , ou à une température un peu inférieure à T_1 , la forme et les dimensions de la cavité à

obtenir, corrigée éventuellement de la dilatation thermique du composite polymérisé qui reste très faible, de l'ordre de $1.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Ceci a pour effet de donner auxdites cavités les dimensions requises au départ du durcissement de la résine.

5 Les dimensions du noyau à froid seront ensuite calculées en appliquant sur les dimensions à chaud un coefficient correspondant à la dilatation thermique de l'élastomère silicone entre la température T1 et la température ambiante, l'élastomère étant lui-même habituellement obtenu par

10 polymérisation à froid.

La dureté de l'élastomère n'est pas critique, l'homme du métier se contentant de choisir un élastomère de dureté suffisante, au moins égale à 30 shore A, pour que les

15 déformations éventuelles du noyau restent compatibles avec la précision exigée de la pièce. En cas de besoin, il est possible d'augmenter la dureté d'un élastomère par une charge de microbilles, par exemple en verre.

20 Avantageusement on choisira un élastomère-silicone dont la température d'effritement T2 est inférieure à la température T3 de durcissement par polymérisation complète de la résine. Ceci a pour effet de désagréger le noyau d'élastomère silicone pendant le moulage sous l'effet de la température à

25 la laquelle est portée la matière composite en cours de polymérisation. La matière composant le noyau peut alors être facilement retirée de la cavité après le moulage par un simple lavage à l'eau, voire un grattage ou un brossage ce qui résoud le second problème.

30

Dans un mode de réalisation préféré, on choisira un élastomère-silicone dont la température d'effritement T2 est comprise entre T1 et T3. Cette disposition a pour effet de maintenir les noyaux à l'état solide tant que les cavités

35 n'ont pas été formées aux dimensions requises, et de désagréger ensuite les noyaux alors que la matière composite est elle-même passée à l'état solide, afin de ne pas risquer de la fissurer.

Avantageusement aussi on renforcera les noyaux par des barreaux en matériaux plus résistants, par exemple en alliage métallique, afin d'empêcher la déformation éventuelle des noyaux pendant le drapage ou le moulage. Avantageusement
5 enfin, les barreaux de renfort débordront du noyau et prendront appui dans le moule afin d'améliorer la précision du positionnement des noyaux dans le moule et par répercussion la précision du positionnement des cavités de la pièce.

10

L'invention sera mieux comprise et les avantages qu'elle procure apparaîtront plus clairement au vu d'un exemple détaillé de réalisation et des figures annexées.

15 La figure 1 illustre suivant une coupe transversale un bras de carter de compresseur basse pression de turbomoteur pour aéronef en cours de moulage. Par mesure de clarté, les épaisseurs du bras et des nappes de fibres ont été augmentées.

20

La figure 2 illustre suivant une coupe longitudinale partielle selon AA l'extrémité de ce même bras de carter en cours de moulage.

25 On se reportera en premier lieu à la figure 1. La pièce 1 est mince et allongée et comporte deux parties latérales ou flancs minces 2, 3 qui se rejoignent à l'extrémité arrière 4 ainsi qu'à l'extrémité avant 5. Au milieu de la pièce 1, une nervure 6 relie aussi les flancs 2 et 3 entre eux afin d'en
30 augmenter la rigidité et d'augmenter aussi la rigidité de la pièce 1. Les flancs 2, 3 associés à la nervure 6 définissent deux cavités allongées 7. On référencera 8 les surfaces intérieures de la pièce 1 formant les cavités 7, et 9 les surfaces extérieures de ladite pièce 1. Pendant le moulage
35 les cavités 7 sont formées chacune par un noyau 10 en élastomère de type silicone. Ces noyaux 10 étant longs et minces sont rigidifiés chacun par un barreau métallique 12 les traversant dans le sens de la longueur, lesdits barreaux ayant une section rectangulaire très aplatie dont les bords

12a sont arrondis. Le noyau de silicone 10 est obtenu par extrusion avec une cavité 13 à la forme du barreau 11, suivie d'une coupe à la longueur notée L sur la figure 2.

5 On introduit ensuite le barreau 11 dans la cavité 13 du noyau 10, ce qui ne présente aucune difficulté du fait de l'élasticité même faible du noyau 10. On drappe ensuite les noyaux 10 par une ou plusieurs couches de fibres préimprégnées de résine 15. On dispose ensuite les noyaux
10 drappés 10 + 15 côte à côte et on drappe ensuite l'ensemble par une ou plusieurs couches de fibres préimprégnées de résine 16 de façon à constituer la pièce.

On dispose alors l'ensemble 10 + 15 + 16 dans la partie
15 femelle 21 d'un moule 20, la paroi du fond 22 ayant la forme de la surface extérieure du flanc 2 de la pièce 1, la paroi du fond 22 étant adjacente à deux parois latérales 23a, 23b, lesdites parois latérales 23a, 23b étant parallèles et se prolongeant par des parois latérales évasées respectivement
20 24a, 24b chacune adjacente à une surface d'appui respectivement 25a, 25b. Le moule 20 comporte aussi une partie mâle ou poinçon 26 dont l'extrémité 27 est une paroi à la forme de la surface extérieure du flanc 3 de la pièce 1, cette paroi 27 étant adjacente à deux parois latérales 28a,
25 28b de forme complémentaire aux parois 23a, 23b, le poinçon 26 étant monté coulissant avec un jeu réduit par ses parois 28a, 28b entre les parois 23a, 23b qui en assurent le guidage. Les parois latérales 28a, 28b sont adjacentes à des surfaces d'appui respectivement 29a, 29b qui arrivent contre
30 les surfaces d'appui 25a, 25b de la partie femelle 21. L'ensemble est entouré par une couche de feutre 30 et par une enveloppe souple ou sac 31 étanche connecté par un ajutage 32 à une source de dépression d'air 33. Le tout est disposé entre les deux plateaux 34, 35 d'un four presse non
35 représenté.

On se reportera maintenant à la figure 2. Les extrémités 12b des barreaux 11 dépassent de chaque côté du noyau 10 et sont prises entre deux mores 40, 41 arrivant au contact l'un de

l'autre par une surface de séparation 42, lesdits mores étant
assemblés par des vis 43. Les blocs 40, 41 sont positionnés
dans une cavité 44 du moule 20 débouchant sur l'extérieur,
ladite cavité 44 ayant une forme complémentaire aux mors 40,
5 41 avec un jeu e d'environ 0,2 mm. L'intérieur de la cavité
44 comporte deux épaulements 45 permettant de positionner
longitudinalement les mors 40, 41. La partie débouchante de
la cavité 44 est comblée par un tampon de fente 46. On
comprend que le jeu e met en communication la masse de
10 matière composite 15, 16 avec le feutre 46 et permet
d'évacuer l'excédent de résine tout en maintenant une
pression interne suffisante. L'autre extrémité de l'ensemble
non représentée est symétrique de l'extrémité représentée sur
la figure 2. La distance entre la paire de mors 40, 41 et la
15 paire de mores non représentée à l'autre extrémité est égale
à la longueur L du noyau 10.

En l'espèce, les noyaux 10 sont en élastomère-silicone de
dureté 70 shore A avec une température de fragmentation T_2 de
20 290°C et un coefficient de dilatation thermique égal à
 $400.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. On utilise dans cet exemple des fibres de carbone
dont le coefficient de dilatation thermique est sensiblement
nul jusqu'à 300°C. Ces fibres sont constituées en tissus et
préimprégnées de résine polymérisable à chaud "PMR 15", "PMR
25 15" étant une marque de la société FIBERITE-USA. Cette résine
a une température T_1 de transition de l'état pâteux à l'état
solide égale à 280°C et une température T_3 de durcissement de
la résine égale à 320°C.

30 Le procédé de fabrication de la pièce 1 comporte les
opérations essentielles suivantes :

a) constitution des noyaux 10 par extrusion et coupe à la
longueur L ,

35

b) introduction d'un barreau métallique 11 dans chaque noyau
10, les extrémités 12b des barreaux 11 débordant de chaque
côté du noyau 10,

- c) drapage d'au moins une couche 15 de fibres préimprégnées de résine autour des noyaux 10,
- d) saisie et réunion des ensembles barreaux 11 + noyaux 10 + 5 couches préimprégnées 15 entre les mores 40, 41 par une extrémité 12b des barreaux 11 et serrage des mores 40, 41 par les vis 43
- e) répétition de l'opération avec une seconde paire de mores 10 40, 41 à l'autre extrémité 12b de ces mêmes barreaux 11,
- f) drapage de l'ensemble ainsi obtenu par au moins une couche 16 de fibres préimprégnées de résine,
- 15 g) mise de l'ensemble dans la partie femelle 21 du moule 20, et fermeture du moule 20 avec la partie male 26,
- h) mise en place des tampons de feutre 46 à l'entrée des cavités 44 du moule 20, mise en place successivement autour 20 du moule 20 de la couche de feutre 30 et du sac étanche 31 avec l'ajutage 32, et disposition de l'ensemble entre les plateaux 34, 35 du four-presse non représenté.

Le cycle thermique est celui de polymérisation de la résine.

25 La montée en température s'accompagne de la dilatation des noyaux 10 et du rapprochement des parois 22 et 27 du moule 20 entre elles et par rapport aux noyaux 10 ce qui provoque la compression des couches 15, 16 de fibre préimprégnée. Le rapprochement des parois 22 et 27 s'effectue par le

30 coulisement du poinçon 26 entre les parois 23a, 23b de la partie femelle 21 du moule 20, jusqu'à ce que les surfaces d'appui 25 et 29 arrivent au contact l'une de l'autre, ce qui positionne avec précision les parois 22 et 27 du moule entre elles et par rapport aux noyaux 10, et garantit la précision

35 et la qualité des surfaces extérieures des deux flancs 2 et 3, ainsi que la précision des dimensions et du positionnement des cavités 7 par rapport aux flancs 2 et 3. Le coulisement s'effectue sous l'effet combiné de la pression exercée par

les plateaux 34, 35 du four presse et de la pression atmosphérique s'exerçant sur le sac 31 mis en dépression.

Sous l'effet de la pression, l'excédant de résine s'évacue
5 dans les cavités 44 autour des mores 40, 41 par le jeu e qui
est laissé entre lesdits mores 40, 41 et les parois desdites
cavités 44, la résine venant s'accumuler dans les tampons de
feutre 46. En cas de besoin, l'homme du métier peut aussi
prévoir des cavités complémentaires non représentées dans le
10 moule pour recevoir l'excédent de résine.

La résine encore liquide émet sous l'effet de la
polymérisation des gaz qui doivent impérativement être
évacués pour éliminer les porosités de la matière composite.
15 Cette évacuation est facilitée par la mise en dépression du
sac 31 à partir de l'ajutage 32, cette dépression se
transmettant jusqu'à la résine par l'intermédiaire du feutre
30 disposé entre le sac 31 et le moule 20, entre les parois
23ab et 28ab, et par les tampons de feutre 46 et le jeu e.

20

Avantageusement aussi on peut percer les mores 40, 41 par une
pluralité de trous coniques 47 mettant en communication la
matière composite avec les tampons de feutre 46, afin de
faciliter l'évacuation de la résine en excédant et des gaz.
25 La conicité des trous 47 facilite l'enlèvement de la résine
durcie après le moulage.

Lorsque la température T de la matière composite a atteint la
température $T_1 = 280^{\circ}\text{C}$ de transition entre l'état pâteux et
30 l'état solide, les noyaux d'élastomère-silicone 10 ont
atteint par dilatation thermique les dimensions des cavités 7
à obtenir ce qui en garantit la précision. A $T > T_1$, la
matière composite solidifiée maintenue par les parois 22, 27
du moule 20 s'oppose à la dilatation des noyaux 10 dont la
35 matière commence à se réticuler. Lorsque la température T a
atteint la température $T_2 = 290^{\circ}$ de fragmentation de
l'élastomère, les noyaux 10 commencent à se désagréger et
n'exerceront plus de pression sur la matière composite. La

polymérisation peut alors se poursuivre jusqu'à la température de durcissement de la résine T3 = 320°C.

L'ensemble est ensuite démoulé à chaud pour que le moule 20 en se contractant avec la diminution de la température ne vienne pas écraser la matière composite qui est maintenant solidifiée et durcie. Ensuite, on casse et on enlève les masses de résine en excédant, on démonte les mors 40, 41, on retire les barreaux 11 et on élimine mécaniquement la matière 10 des noyaux 10 fragmentée à l'intérieur des cavités 7 par tout moyen mécanique non abrasif : grattage, soufflage, lavage.

Avec un tel procédé, un bras de carter de turbomachine ayant une longueur $L = 400$ mm et une largeur de 12 mm, les flancs 15 2, 3 ayant une épaisseur de deux millimètres, a été obtenue brute de moulage avec une précision géométrique de 0,2 mm et des surfaces intérieures et extérieures parfaitement lisses, les reprises mécaniques étant limitées à l'ébavurage de la résine durcie le long des lignes d'évacuation de ladite 20 résine en excédant, ainsi qu'aux perçages de trous de fixation aux extrémités de la pièce 1.

La porosité de la matière composite a été ramenée à 2% grâce à la combinaison des compressions centripète et centrifuge de 25 ladite matière composite et à la mise en dépression du sac 31.

Grâce à la résine employée, la pièce 1 est utilisable à une température de service de 280°C et peut supporter 30 temporairement une température atteignant 325°C.

L'invention n'est pas limitée à l'exemple de réalisation qui vient d'en être donné, mais en couvre au contraire les variantes qui pourraient lui être apportées au niveau de la 35 pièce à obtenir et des moyens à mettre en oeuvre :

Bien évidemment, les noyaux peuvent être de nombre et de forme variable selon la pièce à obtenir, et les trous par lesquels débouchent les cavités peuvent être de dimension

réduite par rapport auxdites cavités. L'utilisation des barreaux 11 n'est pas nécessaire lorsque les noyaux 10 sont courts et donc peu exposés à la flexion. On utilisera alors un élastomère plus dur afin de prévenir des déformations 5 éventuelles desdits noyaux.

Dans le cas où la pièce 1 ne comporte qu'une cavité, on peut à la limite n'utiliser qu'une seule couche de fibre préimprégnée de résine. Dans le cas de pièces aplaties, la 10 compression centripète sera faite sur les flancs 2, 3 de la pièce 1.

Dans cet exemple, les parois des cavités sont formées de lignes géométriques parallèles, ce qui a permis d'obtenir des 15 noyaux 10 directement par extrusion et coupe à la longueur L. Dans le cas de cavités de forme plus quelconque, par exemple en tonnelet, le noyau 10 sera obtenu par moulage. On remarquera que les barreaux métalliques 11 peuvent être omis dans le cas des noyaux 10 de forme ramassée, le noyau 10 20 pouvant être rigidifié par le choix d'un élastomère de dureté shore A plus élevée, ou par inclusion de microbilles dans l'élastomère.

Les trous mettant en communication les cavités avec 25 l'extérieur peuvent être de dimensions réduites, puisque les noyaux s'effritent pendant le cycle thermique de polymérisation, ce qui simplifie ensuite l'enlèvement de la matière les composant.

30 L'utilisation conjointe du sac 31 mis en dépression et du four presse permet d'atteindre la pression de 8 bars requise pour la compression de la résine employée dans cet exemple. On peut aussi utiliser une presse ordinaire et un moule chauffé par exemple avec les résistances électriques. Dans le 35 cas où la résine n'exigerait qu'une compression inférieure à un bar, cette compression peut être obtenue sans presse sous le seul effet de la pression atmosphérique.

REVENDECATIONS

1. Procédé de réalisation de pièces creuses en matériau composite stratifié comportant des fibres de renfort noyées
5 dans une matrice de résine polymérisée à chaud, ladite pièce creuse (1) comportant au moins une cavité (7), ledit procédé comportant les opérations essentielles suivantes :
- a) réalisation de noyaux (10) à la forme des cavités (7) de la pièce (1),
 - 10 b) drappage des noyaux (10) par au moins une couche de fibres de renfort imprégnées de résine polymérisable à chaud (15, 16), pour constituer la matière composite,
 - c) disposition de l'ensemble noyaux (10) + fibres préimprégnées (15, 16) dans un moule (20),
 - 15 d) compression, polymérisation, démoulage de la pièce (1) et retrait des noyaux (10),
caractérisé en ce que :
 - a) la compression est effectuée par le rapprochement des parois (22, 27) du moule (20) vers les noyaux (10, afin de
20 former simultanément les surfaces intérieures (8) et extérieures (9) et de provoquer un fluage suffisant de la résine pendant la polymérisation,
 - b) les noyaux (10) sont thermiquement expansibles en élastomère silicone, afin de tendre les fibres de renfort
25 pendant la polymérisation.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'à la température T1 de transition de l'état pâteux à l'état solide de la résine, les noyaux (10) d'élastomère silicone
30 ont les dimensions des cavités (7) de la pièce (1) à cette température T1, afin de donner auxdites cavités (7) les dimensions requises au départ du durcissement de la résine.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce
35 que l'élastomère-silicone des noyaux (10) a une température d'effritement T2 inférieure à la température T3 de polymérisation complète de la résine afin de désagréger les noyaux (10) pendant le moulage de la pièce.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'élastomère-silicone a une température d'effritement comprise entre la température T1 de transition de l'état pâteux à l'état solide de la résine et la température T3 de polymérisation complète de la résine, afin de maintenir les noyaux (10) à l'état solide tant que les cavités n'ont pas été formées aux dimensions requises, et afin de désagréger ensuite lesdits noyaux (10) alors que la matière composite est passée à l'état solide.

10

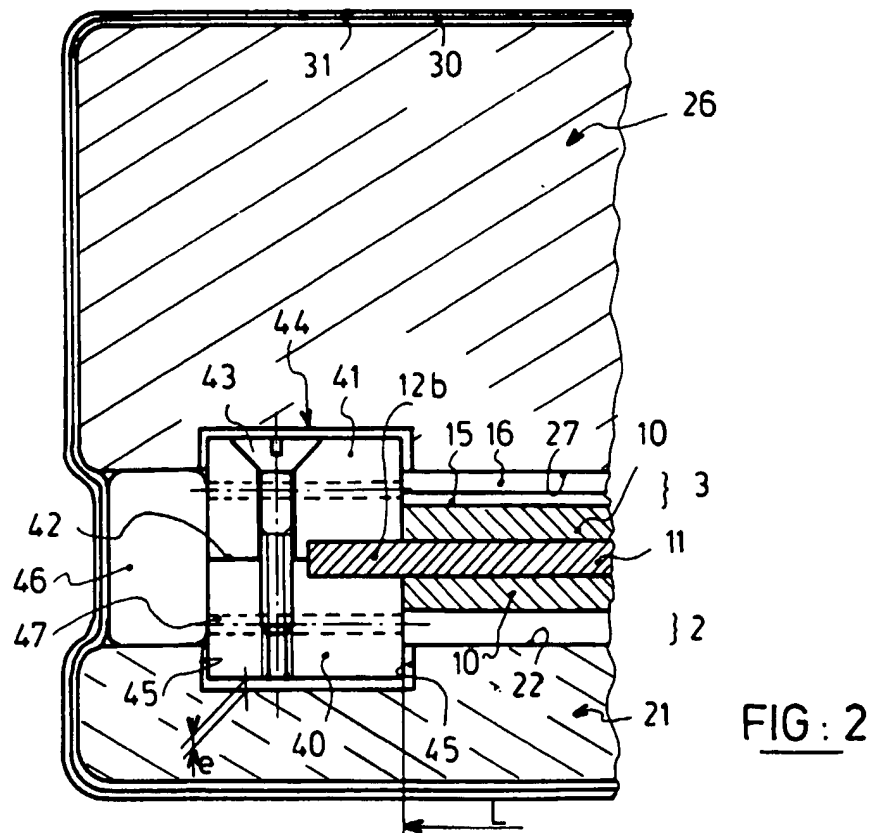
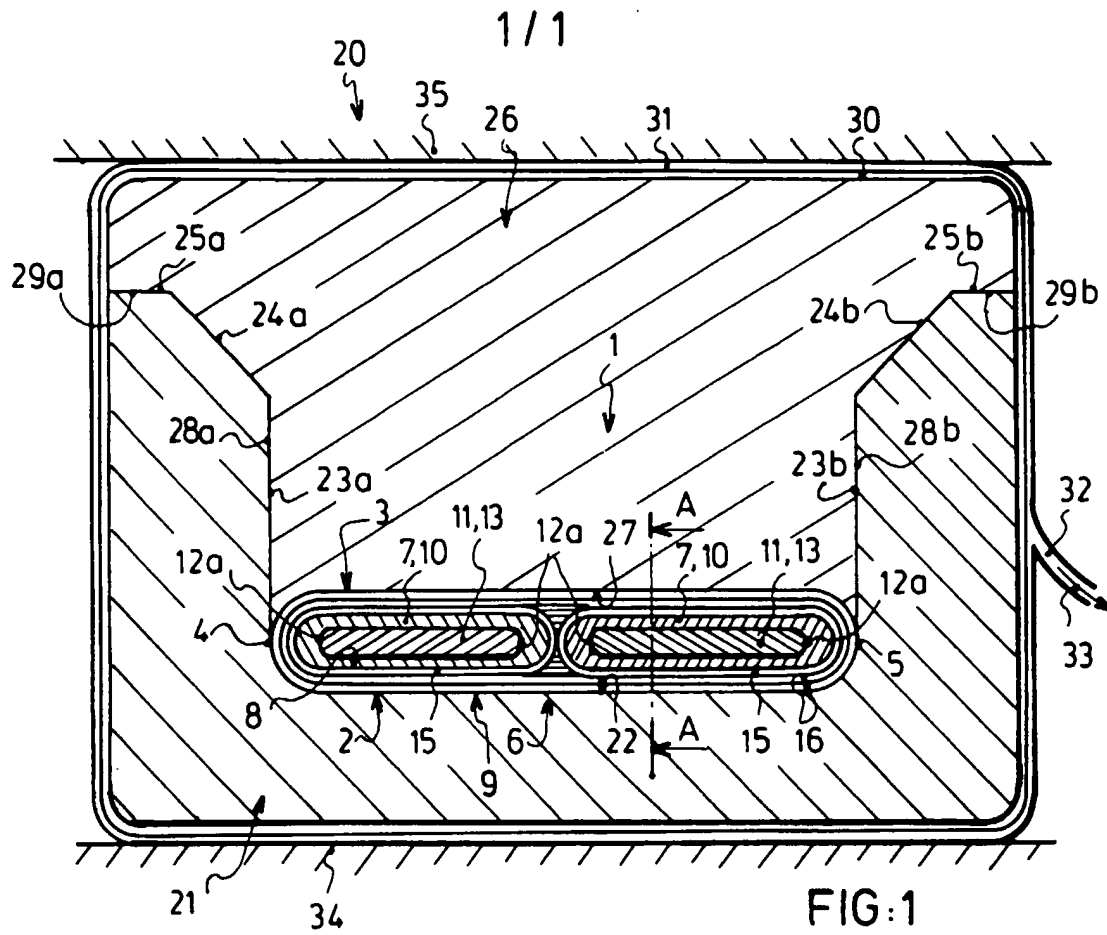
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les noyaux (10) sont renforcés par des barreaux (11) en matériau plus résistant, afin d'éviter la déformation desdits noyaux (10) pendant le drappage de la matière composite (15, 16) ou le moulage.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que les barreaux de renfort (11) débordent des noyaux (10) et prennent appui dans le moule (20) afin de garantir la précision du positionnement desdits noyaux (10) dans ledit moule (20).

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, ledit procédé mettant en oeuvre au moins deux noyaux (10), caractérisé en ce que :

- a) on drappe séparément chaque noyau (10) avec au moins une couche de matière composite (15),
- b) on réunit ensuite les noyaux drappés (10 +15) et on drappe l'ensemble obtenu par au moins une couche de matière composite (16).

30



REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 541373
FR 9702663

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	FR 2 562 834 A (RANJON MARC) 18 octobre 1985 * page 5, ligne 9 - page 7, ligne 12; figures 1A-2 * * page 7, ligne 19 - page 8, ligne 5; figures 3-6 * * page 8, ligne 25 - page 9, ligne 4 *	1-5
X	GB 2 173 144 A (ROLLS ROYCE) 8 octobre 1986 * page 1, ligne 9 - ligne 30 * * page 1, ligne 66 - page 2, ligne 5; figure 1 *	1-4
X	US 4 167 430 A (ARACHI JOHN M) 11 septembre 1979 * colonne 3, ligne 56 - colonne 4, ligne 10; figures 8-10 * * colonne 4, ligne 29 - ligne 51; figures 12-14 *	1,5
A	US 3 795 559 A (HORN V ET AL) 5 mars 1974 * colonne 3, ligne 13 - ligne 26 * * colonne 5, ligne 9 - ligne 12 * * colonne 6, ligne 7 - ligne 53 * * figures 1-6 *	1,3-7
A	US 4 681 724 A (FAIZ ROBERT L ET AL) 21 juillet 1987 * le document en entier *	1-4
A	US 4 271 116 A (JONES WILLIAM R) 2 juin 1981 * colonne 2, ligne 58 - ligne 63; figure 1 * * colonne 3, ligne 23 - ligne 51 *	1,3,4
-/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
9 octobre 1997		Fregosi, A
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intermédiaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 B042 (P04C13)

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 541373
FR 9702663

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	GB 2 070 502 A (ROLLS ROYCE) 9 septembre 1981 * page 2, ligne 1 - ligne 6; figure 4 * -----	1
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
9 octobre 1997		Fregosi, A
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intermédiaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C13)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKewed/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.